Бесплатно

80-4
3018

11077

1-3853672

МИНИСТЕРСТВО СВЯЗИ СССР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СВЯЗИ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА

На правах рукописи

БЕРЕНДЮКОВ Юрий Викторович

Исследование и разработка систем матричной квадрафонии

Специальность 05.12.17—Радиотехнические
устройства и системы

Автореферат

*диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

ЛЕНИНГРАД
1979

Работа выполнена в Ленинградском электротехническом институте связи им. проф. М. А. Бонч-Бруевича.

Научный руководитель: кандидат технических наук,

доцент ГЕНЗЕЛЬ Г. С.

Научный консультант: кандидат технических наук,
доцент КОВАЛГИН Ю. А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
КОНОНОВИЧ Л. М.

кандидат технических наук, доцент
МАНЬКОВСКИЙ В. С.

Ведущее предприятие: Всесоюзный научно-исследовательский институт телевидения и радиовещания.

Защита диссертации состоится «21» июня 1979 г. на заседании специализированного Совета Д.118.01.01 при Ленинградском электротехническом институте связи им. проф. М. А. Бонч-Бруевича по адресу: Ленинград, Д-65, наб. реки Мойки, д. 61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан «21» мая 1979 года.

Ученый секретарь специализированного Совета
Д.118.01.01 профессор, доктор
технических наук АРТЫМ А. Д.

80-4
3018

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Программный документ "Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы", принятый XXУ Съездом КПСС, предусматривает "дальнейшее развитие телевидения и радиовещания, более широкое внедрение цветного телевидения и стереофонического радиовещания". Стереофоническое радиовещание позволило значительно повысить качество звучания передаваемых программ по сравнению с монофонией и получило большое признание у потребителей.

Однако двухканальная стереофонической радиовещательной системе, как показывают многочисленные исследования, свойственны существенные недостатки, снижающие качество передаваемого звучания. Среди них главным является слабое использование системой пространственных возможностей слуха. В результате доводимое до радиослушателя звучание характеризуется весьма ограниченной областью пространственного восприятия кажущихся источников звука (КИЗ), неудовлетворительной передачей акустических особенностей первичного помещения (студии, концертного зала) и т.д.

Поиск новых, более совершенных способов передачи и воспроизведения звуковой информации привел к разработке четырехканальных стереофонических или квадрафонических радиовещательных систем, обладающих значительно лучшими пространственными свойствами и более высоким качеством передаваемого звучания, чем двухканальная система. Однако внедрение дискретной квадрафонии встречает определенные технические трудности. Поэтому среди четырехканальных систем особое внимание исследователей привлекают матричные квадрафонические системы, в которых для передачи программ по радиовещательному каналу осуществляется кодирование четырехканальной звуковой информации в матричную двухканальную с последующим декодированием ее на приемной стороне. При этом используется существующее двухканальное передающее и приемное оборудование, что особенно важно на первом этапе внедрения квадрафонии. Однако большое число предложенных систем матричной квадрафонии и практическое отсутствие сведений о возможностях последних по передаче квадрафонической пространственной информации затрудняет решение вопроса о стандартизации одной из предложенных матричных систем для радиовещания и звукозаписи.

В связи с этим исследование и разработка методов матрицирования и передачи квадрафонической информации по радиовещатель-

79-11074

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА
Ленинград

ным трактам с целью дальнейшего улучшения качества звучания передаваемых программ является актуальной задачей теории и практики.

<u>Цель работы</u>

Целью настоящей работы является исследование и разработка матричных методов передачи квадрафонической пространственной информации, обеспечивающих дальнейшее улучшение качества звучания радиовещательных программ по сравнению с двухканальной стереофонией, а также выработка рекомендаций, необходимых для внедрения матричных квадрафонических систем в практику радиовещания и звукозаписи.

<u>Методы исследования</u>

В работе использованы основы теории стереофонии и разделы математики, связанные с матричным исчислением. Часть исследования, связанная с выяснением особенностей слухового восприятия при квадрафонии, выполнена методом субъективно-статистических экспертиз.

<u>Научная новизна</u>

I. Предложен новый метод количественной сравнительной оценки многоканальных стереофонических радиовещательных систем, для чего введено понятие пространственных характеристик (ПХ) последних как совокупности зависимостей, определяющих возможные местоположения КИЗ в пространстве при воспроизведении.

2. Экспериментальным путем получены ПХ обычной стереофонической, а также дискретной и существующих матричных квадрафонических систем, что позволило выявить недостатки последних и оценить возможности названных систем по передаче пространственной информации.

3. Оценено влияние искажений комплексных матричных сигналов, возникающих в реальном радиовещательном тракте, на качество передачи пространственной информации в системах матричной квадрафонии.

4. С целью сокращения избыточности числа электрических каналов передачи при реализации оптимальных сквозных ПХ квадрафонических радиовещательных систем разработаны:

а) метод панорамного матрицирования вещательных сигналов;
б) оптимальная система расстановки громкоговорителей при четырехканальном воспроизведении.

<u>Практическая ценность</u>

I. Разработанный в работе метод оценки пространственных свойств многоканальных стереофонических систем использован при анализе сравнительных достоинств существующих систем матричной квадрафонии. Эта работа явилась исходной базой для составления технического задания на декодирующее устройство матричной системы "SQ", разработанное ВНИИРПА им.А.С.Попова и переданное в КБ "Орбита" г.Рига для промышленного внедрения.

2. Результаты теоретического анализа и экспериментального исследования устройств логического контроля усиления использованы ВНИИРПА им.А.С.Попова при экспериментальной отработке этих устройств, уточнении их основных параметров и изготовлении макетов.

3. На основании предложенного метода панорамного матрицирования вещательных сигналов разработана матричная квадрафоническая система для целей радиовещания и звукозаписи, получившая условное название "АВС".

<u>Реализация в промышленности</u>

Разработанная матричная система "АВС" рекомендована для опытной эксплуатации в СССР в грамзаписи. Декодирующее устройство системы "АВС" включено в квадрафонические комплексы, выпускаемые промышленностью. Всесоюзной фирмой грампластинок "Мелодия" изготовлена демонстрационная тестовая грампластинка по системе "АВС".

<u>Апробация результатов работы</u>

Основные теоретические и экспериментальные результаты отдельных разделов работы обсуждались на всесоюзных научно-технических конференциях НТОРЭС им.А.С.Попова и ВНИИРПА им.А.С.Попова в Москве и Ленинграде (1975-1977 г.г.); на НТК профессорско-преподавательского состава ЛЭИС в Ленинграде (1974-1978 г.г.) и на научно-технических семинарах ВНИИРПА им.А.С.Попова, Всесоюзной ст

дии грамзаписи (ВСГ) фирмы "Мелодия" и кафедры радиовещания и акустики ЛЭИС. Результаты испытаний разработанной системы "АВС", проведенных ЛЭИС, ВСГ фирмы "Мелодия", ВНИИРПА им.А.С.Попова, оформлены в виде соответствующих протоколов и приведены в приложении к диссертации.

Публикации

Основные результаты работы опубликованы в научных журналах, материалах Всесоюзных конференций, авторских свидетельствах (всего восемь работ).

Объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, заключения и четырех приложений.

К защите представлены следующие тезисы

I. Для оценки сравнительных достоинств многоканальных стереофонических радиовещательных систем необходим метод количественной оценки их пространственных свойств.

2. Сокращение избыточности числа электрических каналов передачи при реализации оптимальных сквозных пространственных характеристик квадрафонических радиовещательных систем достигается за счет разработки:

а) метода панорамного матрицирования вещательных сигналов; его основное отличие заключается в том, что кодированию подвергается совокупность электрических сигналов звуковых источников, образующих программу, с переменными коэффициентами матрицирования, величины которых определяют местоположение этих источников в пространстве при воспроизведении;

б) системы расстановки громкоговорителей, при которой последние находятся в вершинах равнобедренной трапеции, а слушатель расположен асимметрично относительно линий фронтальной и тыловой баз.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время накоплен значительный теоретический и экспериментальный материал, посвященный вопросам стереофонии и стереофонического радиовещания. В СССР первые опыты демонстрации преимуществ стереофонии были проведены И.Е.Гороном. Основы тео-

рии многоканальных стереофонических систем для звукоусиления в концертных залах и звукового кино разработаны В.В.Фурдуевым. Отечественная система стереофонического радиовещания разработана Л.М.Кононовичем. Под его руководством разработаны также высокочастотные тракты комплекса аппаратуры для квадрафонического радиовещания. Особенности восприятия стереофонических передач исследованы В.С.Маньковским. Значительный вклад в развитие теории и практики стереофонии внесли также И.Г.Дрейзен, Г.С.Гензель, Б.А.Адаменко, Д.И.Гаклин, П.Г.Тагер, Ю.А.Ковалгин, А.П.Ефимов, А.В.Никонов, Б.Г.Белкин, П.М.Жмурин, В.П.Гученко и другие.

Как показывает анализ опубликованных работ, подавляющее большинство исследователей, специалистов радиовещания и звукозаписи считает, что двухканальная стереофоническая радиовещательная система практически исчерпала свои возможности, а ее качество звучания на современном этапе уже не может быть признано удовлетворительным. Одну из основных причин этого ученые видят в том, что стереофоническое звучание в значительной мере лишено пространственности, столь характерной для естественного слушания и существенно влияющей на качество передаваемых радиовещательных программ.

Появление четырехканальных или квадрафонических систем, лишенных недостатков двухканальной стереофонии, позволило значительно повысить качество звучания передаваемых программ, однако, организация четырех дискретных каналов в радиовещании и звукозаписи встречает ряд технических трудностей: необходимость разработки нового передающего и приемного оборудования, расширение полосы частот передачи, ухудшение отношения сигнал/шум по сравнению со стереоприемом.

Как отмечают исследователи, задача организации квадрафонического радиовещания существенно упрощается в случае использования матричных квадрафонических систем, достоинством которых является наличие только двух каналов передачи.

Однако имеющиеся сведения о матричных методах и системах передачи квадрафонической информации противоречивы, не полны и носят нередко рекламный характер. В настоящее время отсутствует общий метод сравнительной оценки матричных систем, что не позволяет сопоставить друг с другом свойства и возможности последних. Не исследованы также вопросы влияния работы матричных устройств логического контроля усиления на особенности восприятия квадра-

фонических программ. Практически не оценено влияние искажений комплексных матричных сигналов, вносимых радиовещательным трактом, на качество передачи пространственной квадрафонической информации. Тот факт, что число предложенных систем матричной квадрафонии достаточно велико, очевидно, свидетельствует о недостаточной связи существующего метода матрицирования сигналов (4-2-4) с особенностями слухового восприятия при квадрафоническом воспроизведении.

Отсутствие перечисленных исследований не позволяет решить вопрос о стандартизации одной из предложенных матричных систем для квадрафонического радиовещания.

Целью данной работы является исследование и разработка матричный методов передачи квадрафонической пространственной информации по радиовещательным трактам, обеспечивающих дальнейшее улучшение качества звучания передаваемых программ.

В связи с этим необходимо решение следующих вопросов:

I. Исследование особенностей передачи пространственной информации в системах матричной квадрафонии и разработка оптимального метода для ее передачи по двум каналам.

2. Теоретическое исследование методов матрицирования квадрафонических сигналов и оценка влияния искажений комплексных матричных сигналов, возникающих в радиовещательном тракте, на качество передачи пространственной информации.

3. Разработка кодирующих и декодирующих устройств с целью сокращения избыточности числа каналов при передаче пространственной информации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В связи со сложной структурой построения квадрафонических радиовещательных систем, включающей разветвленный низкочастотный тракт и высокочастотный тракт передачи, в работе принят метод исследования, состоящий из двух этапов. На первом этапе, считая высокочастотный тракт идеальным, исследуются возможности систем по передаче пространственной информации с учетом слухового восприятия. На втором этапе оценивается влияние искажений, вносимых реальным высокочастотным трактом на качество передаваемой информации.

При решении задач, посвященных исследованию и разработке методов передачи пространственной информации четырехканальными

стереофоническими, в том числе матричными квадрафоническими радиовещательными системами с целью улучшения качества звучания, прежде всего необходимо:

I. Сформулировать общее требование, которому должны удовлетворять названные системы для полноценной передачи пространственной информации.

2. Разработать метод сравнительной оценки пространственных свойств квадрафонических и других радиовещательных систем с различным числом каналов передачи и воспроизведения.

В настоящее время ввиду недостаточности сведений о механизмах слухового восприятия при квадрафонии какие-либо объективные методы и критерии оценки пространственных свойств квадрафонических систем отсутствуют. Поэтому окончательная оценка возможностей этих систем по передаче пространственной информации может быть вынесена только на основании данных субъективно-статистических экспертиз. Тогда, рассматривая слушателя как главное оконечное звено многоканальной (квадрафонической) радиовещательной системы, упомянутое выше требование в самом общем виде может быть сформулировано следующим образом: система должна позволять слушателю в наибольшей степени проявлять все те слуховые пространственные возможности, которыми он обладает от природы. Известно, что слуховой аппарат позволяет человеку воспринимать звуки практически со всех направлений в горизонтальной и вертикальной плоскостях. По мнению большинства специалистов эта особенность естественного слушания является важнейшей и, будучи реализована при передаче радиовещательных программ, значительно повышает качество и предпочтительность последних. Учитывая, что при создании реальных вещательных программ пространственность прихода звуков и отзвуков с различных направлений имитируется созданием соответствующих КИЗ и что наибольшее значение имеют КИЗ, расположенные в горизонтальной плоскости, данное выше общее требование можно конкретизировать: система при воспроизведении должна обеспечивать возможность уверенной локализации слушателем КИЗ во всех основных азимутальных направлениях в пределах угла 360°.

Для сравнения пространственных возможностей многоканальных стереофонических радиовещательных систем в работе предложен метод их количественной оценки с помощью пространственных характеристик (ПХ). Последние представляют собой совокупность зависимостей, определяющих местоположение КИЗ в пространстве в функ-

ции от параметров канальных сигналов. Эта совокупность образует воображаемую область, в пределах которой возможно создание КИЗ в пространстве в конкретной системе, или область уверенной локализации (ОУЛ). Для количественной оценки пространственных свойств систем в азимутальной плоскости в работе предложено ввести понятие коэффициента пространственности:

$$K_{ms} = \frac{m_s}{m_{max}} K_и , \qquad (I)$$

где m_s - число направлений азимутальной локализации КИЗ, обеспечиваемое конкретной системой; m_{max} - среднее максимально возможное число направлений азимутальной локализации реальных источников звука, определяемое разрешающей способностью органа слуха, (при расчетах, основываясь на имеющихся данных, принято равным 92); $K_и = \frac{N}{8}$ - коэффициент использования основных направлений, учитывающий возможность создания КИЗ в системе в основных азимутальных направлениях (0^0, $\pm 45^0$, $\pm 90^0$, $\pm 135^0$, 180^0).

Таким образом, для оценки возможностей многоканальных стереофонических радиовещательных систем по передаче пространственной информации, согласно предложенному методу, необходимо, во-первых, основываясь на данных субъективно-статистических экспертиз, оценить величину и вид реализуемых ОУЛ, а, во-вторых, пользуясь формулой (I), расчитать K_{ms}, величины которых показывают, в какой степени та или иная система использует пространственные возможности слуха.

Разработанный метод позволил оценить пространственные возможности всех наиболее известных квадрафонических систем. В первую очередь была рассмотрена дискретная квадрафоническая система передачи, обладающая, по мнению исследователей, наилучшим качеством звучания и являющаяся " эталоном " для матричных систем. Эта часть эксперимента необходима для выяснения принципиальных возможностей четырех каналов по передаче пространственной информации. Исследования были выполнены для двух наиболее распространенных способов расстановки громкоговорителей дискретной системы, получивших условные названия "квадрат" и "ромб", и симметричного положения слушателя. Они показали, что в обоих случаях ОУЛ КИЗ дискретной системы представляет собой воображаемый купол, опирающийся на громкоговорители, однако система

"квадрат" характеризуется отсутствием локализации КИЗ на линиях боковых баз, что является ее недостатком. В результате коэффициент пространственности последней составляет 0,26 против 0,51 для системы "ромб". Высказана гипотеза о том, что причиной этого явления служит действие имеющего место при квадрафонии локализационного механизма тембральных различий (МТР). Данная гипотеза подтверждена экспериментально: получен способ создания КИЗ на линиях боковых баз громкоговорителей, основанный на компенсации действия МТР при смещении слушателя из центра симметрии во фронтальном или тыловом направлении. Таким образом, в работе показано, что:

I. Возможности дискретной четырехканальной системы радиовещания по передаче пространственной информации не постоянны и существенно зависят от способа ее воспроизведения (расстановки громкоговорителей и положения слушателя).

2. Общепринятая расстановка громкоговорителей ("квадрат") не является оптимальной с точки зрения слухового восприятия и снижает пространственные возможности квадрафонической системы вдвое.

Исследование существующих матричных систем показало, что последние существенно уступают дискретной по передаче пространственной информации и что наилучшими ПХ из них обладают две наиболее распространенные "*SQ*" и "*QS*". Однако первая обеспечивает возможность направленного восприятия КИЗ только в направлении на громкоговорители, вторая характеризуется значительным сужением кажущихся размеров фронтальной и тыловой баз и обе не обеспечивают локализации КИЗ на линиях боковых баз. В результате данные системы имеют (при отсутствии УЛКУ) весьма небольшие значения K_{ms} ($K_{SQ} = 0{,}087$, $K_{QS} = 0{,}038$) по сравнению с дискретной системой.

Как известно, для улучшения характеристик матричных систем разработчики предлагают использовать устройства логического контроля усиления (УЛКУ), в определенные моменты времени улучшающие разделимость полезных канальных сигналов от мешающих. Выполненные в работе экспериментальные исследования особенностей восприятия квадрафонических матричных программ при работе УЛКУ показали, что:

I. Применение УЛКУ позволяет улучшать ПХ матричных систем

лишь в определенных частных случаях их работы.

2. Действие устройств логики существенно зависит от вида вещательных программ и, как правило, приводит к заметным на слух нелинейным, частотным искажениям, а также искажениям пространственной панорамы КИЗ.

На основании проведенных исследований в работе даны рекомендации по выбору параметров УЛКУ (глубины регулировки и времени срабатывания) в зависимости от вида вещательного сигнала.

Таким образом, применение УЛКУ не является достаточно эффективным для улучшения ПХ матричных систем и представляет собой лишь частную меру.

Для выяснения причин столь невысоких пространственных возможностей матричных систем в работе проведено всестороннее исследование метода матрицирования вещательных сигналов (4-2-4), лежащего в основе построения всех наиболее известных систем матричной квадрафонии. Как известно, при использовании этого метода готовая дискретная четырехканальная программа (L_f , R_f , L_b , R_b) с помощью линейного кодирующего устройства (КУ) преобразуется в два матричных комплексных сигнала (L' , R'), подлежащие передаче по радиовещательному каналу. При этом уравнения кодирования имеют вид:

$$\begin{bmatrix} L' \\ R' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B & C & D \\ B & A & D & C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_f \\ R_f \\ L_b \\ R_b \end{bmatrix} \qquad (2)$$

На приемной стороне с помощью линейного декодирующего устройства (ДКУ) производится преобразование сигналов L' и R', полученных с выхода стереодекодера приемника, в четыре "восстановленных" сигнала вида:

$$\begin{bmatrix} L'_f \\ R'_f \\ L'_b \\ R'_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E & F \\ F & E \\ G & H \\ H & G \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} L' \\ R' \end{bmatrix} \qquad (3)$$

В данных уравнениях А,В,С, ..., Н - коэффициенты матрицирования, являющиеся действительными или комплексными числами, которые выбираются, с одной стороны, из условий получения наименьшего отличия четырех "восстановленных" сигналов от четырех

исходных, а с другой, из условий обеспечения совместимости со стерео- и монофонической системами. Как показывают уравнения матрицирования, выходные сигналы, подаваемые на громкоговорители, в точности не соответствуют исходным, так как содержат, помимо полезной составляющей, в общем случае три мешающих сигнала.

Выполненный в работе математический анализ общих уравнений матрицирования (2) и (3) показал, что оптимальные значения коэффициентов кодирования и декодирования, обеспечивающие максимально возможные значения разделимости полезных канальных сигналов от мешающих, пренадлежат симметричной ("QS") и несимметричной ("SQ") матричных системам. Однако получаемые при этом значения разделимостей (от 3 дБ до 7,65 дБ), как показал эксперимент, в сочетании с принятой расстановкой громкоговорителей, оказываются явно недостаточными для реализации удовлетворительных ПХ.

При организации матричного квадрафонического радиовещания необходимо учитывать также влияние радиовещательного тракта.

Анализ влияния вносимых им искажений показал, что в случае матричных систем наиболее нежелательным является появление искажений, обусловленных взаимным проникновением и наличием фазовых сдвигов комплексных матричных сигналов, снимаемых с выхода стереодекодера приемника, то есть на выходе реального тракта. Последние при этом могут быть представлены:

$$\begin{aligned} L'_в &= L' + \beta(f) R'[\varphi(f)] \\ R'_в &= R'[\varphi(f)] + \beta(f) L' \end{aligned} , \qquad (4)$$

где L' и R' - комплексные матричные сигналы на входе реального тракта передачи, $\beta(f)$ и $\varphi(f)$ - соответственно частотнозависимое взаимное проникновение и фазовый сдвиг между сигналами на выходе стереодекодера (до квадрадекодера).

На основании выполненных в работе теоретических и экспериментальных исследований показано, что:

I. Возникновение вышеупомянутых искажений комплексных матричных сигналов на выходе тракта передачи приводит к искажениям ПХ матричных систем, заключающихся в изменении вида ОУЛ и местоположения основных КИЗ.

2. Допустимые величины переходного затухания и фазового сдвига между комплексными матричными сигналами на выходе стереодекодера приемника для существующих матричных систем должны быть не менее I8 - 20 дБ и не более 25° - 30° соответственно. Эти вели-

чины определялись по критерию незаметности возникающих при этом искажений ПХ.

Таким образом, результаты выполненного в работе теоретического и экспериментального исследования матрицирования вещательных сигналов показали, что ухудшение ПХ радиовещательных систем матричной квадрафонии (уменьшение ОУЛ и величины K_{ms}) происходит вследствие , во-первых, применения формального метода матрицирования (4 - 2 - 4), не учитывающего особенностей слухового восприятия при квадрафонии, во-вторых, использования общепринятого способа расстановки громкоговорителей "квадрат", который не обеспечивает возможности создания КИЗ во всех азимутальных направлениях, в-третьих, за счет неидеальности параметров радиовещательного тракта.

Для устранения рассмотренных недостатков, присущих системам матричной квадрафонии, в настоящей работе, с одной стороны, разработан принципиально отличный от существующего (4-2-4), метод матрицирования вещательных сигналов, позволяющий учитывать особенности слухового восприятия при квадрафонии и получивший название метода панорамного матрицирования; с другой стороны, найдена система расстановки громкоговорителей "трапеция", обеспечивающая получение КИЗ во всех азимутальных направлениях в пределах угла 360°.

Суть разработанного метода заключается в следующем:

I. Кодированию с постоянными коэффициентами подвергается не готовая дискретная четырехканальная программа (L_f, R_f, L_b, R_b), а каждый исходный сигнал звуковых источников (S_1, S_2,..., S_n), составляющих программу, с переменными коэффициентами. Таким образом, уравнения кодирования имеют вид:

$$\begin{bmatrix} L' \\ R' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & \dots & a_n \\ c_1 & c_2 & \dots & c_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_n \end{bmatrix} \qquad (5)$$

где a_1, c_1 ..., c_n - коэффициенты кодирования, представляющие собой действительные числа, изменяющиеся от - I до + I.

2. Коэффициенты кодирования и декодирования выбираются не из условия получения наименьшего отличия четырех восстановленных

сигналов (L'_f, R'_f, L'_b, R'_b) от четырех исходных(L_f, R_f, L_b, R_b), а из условия получения уверенной локализации КИЗ, соответствующих источникам программы (S_1, S_2, ..., S_n), в любом желаемом азимутальном направлении в пределах угла 360°.

Получение локализации КИЗ во всех азимутальных направлениях возможно при использовании предложенного в работе способа расстановки громкоговорителей ("трапеция"), при котором последние находятся в вершинах равнобедренной трапеции, а слушатель расположен асимметрично относительно линий фронтальной и тыловой баз. Последнее приводит к компенсации действия МТР в месте прослушивания, что является необходимым условием создания КИЗ во всей азимутальной плоскости. Данный способ расстановки позволяет получить, как показал эксперимент, наибольшее значение K_{ms} при дискретной квадрафонии (0,62).

Результатом этих исследований явилась разработка структурной и принципиальной схемы квадрафонической системы с использованием метода панорамного матрицирования, получившей условное название "АВС". Уравнения декодирования системы имеют вид:

$$\begin{bmatrix} L'_f \\ R'_f \\ L'_b \\ R'_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1{,}43 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0{,}752 & -0{,}752 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L' \\ R' \end{bmatrix} \qquad (6)$$

Преимуществами разработанной системы перед существующими являются:

I. Получение локализации КИЗ во всех азимутальных направлениях, то есть ПХ, близких к характеристикам дискретной системы при том же способе расстановки громкоговорителей ("трапеция") и наибольшего значения коэффициента пространственности среди существующих матричных систем (K_{ABC} = 0,435).

2. Простота реализации электрической схемы ДКУ, которая не содержит УЛКУ. Последнее гарантирует получение стабильной во времени и пространстве панорамы КИЗ при отсутствии искажений, характерных для систем, использующих схемы логики.

3. Удобство эксплуатации, простота балансировки и возможность изменять соотношения размеров баз громкоговорителей в зависимости от формы и размеров жилого помещения. Как показали экспериментальные исследования, система "АВС" обладает совместимостью со стереофонической и монофонической системами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленными задачами в диссертационной работе получены следующие основные результаты;

I. Показано, что дальнейшее улучшение качества передаваемого звучания идет по пути разработки радиовещательных систем, возможности которых адекватны возможностям пространственного слуха. Улучшение пространственных свойств таких систем достигается либо увеличением числа сквозных каналов передачи, либо использованием различных методов кодирования звуковой информации при увеличении только числа каналов воспроизведения.

2. Для количественной оценки возможностей стереофонических радиовещательных систем с различным числом каналов введено понятие их пространственных характеристик (ПХ). Эти характеристики положены в основу предложенного в работе метода сравнительной оценки многоканальных стереофонических систем. Показано, что ПХ дискретной квадрафонической системы позволяют в наилучшей степени реализовать возможности пространственного слуха.

3. Установлено, что ухудшение ПХ существующих матричных систем по сравнению с дискретной происходит в результате использования формального метода матрицирования (4-2-4) и неоптимальной системы расстановки громкоговорителей ("квадрат").

4. Экспериментально доказано, что применение устройств логического контроля усиления (УЛКУ) в матричных системах позволяет улучшать ПХ последних лишь в определенных частных случаях, а кроме того приводит к заметным на слух частотным и нелинейным искажениям. На основании выполненных исследований даны рекомендации по выбору параметров этих устройств (времени срабатывания и глубины регулировки).

5. Разработан метод панорамного матрицирования вещательных сигналов, позволяющий в значительной степени приблизить реализуемые ПХ к характеристикам дискретной четырехканальной системы.

6. Предложен оптимальный способ расстановки громкоговорителей при квадрафонии ("трапеция"), обеспечивающий локализацию КИЗ во всех азимутальных направлениях и наибольшее значение коэффициента пространственности из существующих.

7. Разработана квадрафоническая система с использованием метода панорамного матрицирования ("АВС"), которая в отличие от существующих обеспечивает пространственное восприятие источников звука практически во всех азимутальных направлениях.

На разработанную систему получено положительное решение о выдаче авторского свидетельства.

8. На межведомственном совещании, проходившем в Москве в июне I978 года с участием представителей МПСС, МС, МЭП, МРП система "АВС" была рекомендована для опытной эксплуатации в СССР для грамзаписи.

Декодирующее устройство разработанной системы включено в квадрафонические комплексы, выпускаемые промышленностью.

Всесоюзной фирмой грампластинок "Мелодия" изготовлена тестовая демонстрационная грампластинка по системе "АВС".

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

I. Берендюков Ю.В. Об особенностях передачи пространственной информации в системах матричной квадрафонии. Тезисы доклада на XXXI Всесоюзной научной сессии НТОРЭС им.А.С.Попова, посвященной Дню радио, Москва, I976.

2. Берендюков Ю.В. Особенности локализации кажущегося источника звука при квадрафоническом воспроизведении. - Труды учебных институтов связи, I976, вып.I.

3.Берендюков Ю.В. О синтезе пространственной панорамы в системах матричной квадрафонии. Тезисы доклада на XXXII Всесоюзной научно-технической сессии НТОРЭС им.А.С.Попова, посвященной Дню радио.[Май I977, Москва] . - М., I977.

4. Берендюков Ю.В. Акустические особенности квадрафонического звуковоспроизведения. - Техника средств связи, серия ТРПА, I978, вып.I.

5. Берендюков Ю.В. Матричное устройство для квадрафонического воспроизведения. - Авторское свидетельство № 6I3524. М.Кл.^{2} H04R 5/00, БИ, I978, № 24.

6. Берендюков Ю.В., Борисенко А.В., Караченцев А.П., Ковалгин Ю.А. Устройство для псевдоквадрафонического воспроизведения звуковой программы. - Авторское свидетельство № 50I496. М.Кл.^{2} H04 R 5/00, БИ, I976, № 4.

7. Берендюков Ю.В., Борисенко А.В., Караченцев А.П., Ковалгин Ю.А. Устройство для псевдоквадрафонического воспроизведения. - Авторское свидетельство № 524334: М.КЛ.^{2}H04R 5/00, БИ, I976, № 29.

Ротапринт типографии ЛЭИС.
Зак. 562 Подписано к печати 17.V.79г.
М-28084 Объем I п.л.
Тираж I00 экз. Бесплатно